

PCT/KR 00/00723

RO/KR 02.08.2000. #2

9485-PCT
10/030232

REC'D 15 AUG 2000

WIPO

PCT

대한민국 특허청

KOREAN INDUSTRIAL
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Industrial
Property Office.

출원번호 : 특허출원 1999년 제 26862 호
Application Number

출원년월일 : 1999년 07월 05일
Date of Application

출원인 : 삼성전자 주식회사
Applicant(s)

**PRIORITY
DOCUMENT**

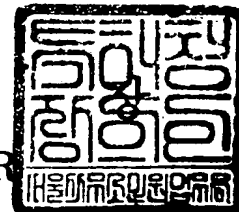
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



2000 년 07 월 26 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0001
【제출일자】	1999.07.05
【국제특허분류】	H04M
【발명의 명칭】	직교주파수분할다중 시스템에서 파일럿 심볼을 이용한 주파수 오류 보상장치
【발명의 영문명칭】	FREQUENCY OFFSET COMPENSATION APPARATUS USING PILOT SYMBOL IN ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEX SYSTEM
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이건주
【대리인코드】	9-1998-000339-8
【포괄위임등록번호】	1999-006038-0
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김혜정
【성명의 영문표기】	KIM,Hye Jeong
【주민등록번호】	701106-2821811
【우편번호】	463-050
【주소】	경기도 성남시 분당구 서현동 우성아파트 228동 1506호
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 이건주 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	8 면 8,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	5 항 269,000 원
【합계】	306,000 원

1019990026862

2000/7/2

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 직교주파수분할다중 시스템에서 주파수 오류 보상장치에 관한 것으로, 특히 송신기에서 삽입되는 보호구간 및 파일럿 심볼을 이용하여 주파수 오류를 보상하는 장치에 관한 것이다. 이러한 본 발명은 프레임 단위의 데이터에 일정 간격으로 파일럿 심볼이 삽입되고, 데이터 심볼에 보호구간이 삽입되어 있는 직교주파수분할다중 신호를 수신하는 직교주파수분할다중 시스템의 수신기에 있어서, 상기 직교주파수분할다중 신호가 디지털 형태의 데이터로 변환된 데이터 심볼열을 입력받고, 각 데이터 심볼의 상기 보호구간을 검출하여 대략적 주파수 에러를 보상하는 제1반송파 동기부와, 상기 제1반송파 동기부에서 출력되는 신호를 직교주파수분할다중 복조하여 출력하는 고속 퓨리에 변환부와, 상기 복조된 데이터 심볼열을 입력받아 상기 파일럿 심볼을 검출하여 미세 주파수 에러를 보상 제2반송파 동기부로 이루어짐을 특징으로 한다.

【대표도】

도 5

【색인어】

파일럿 심볼, 주파수 옵셋 보상

【명세서】

【발명의 명칭】

직교주파수분할다중 시스템에서 파일럿 심볼을 이용한 주파수 오류 보상장치{
FREQUENCY OFFSET COMPENSATION APPARATUS USING PILOT SYMBOL IN ORTHOGONAL FREQUENCY
DIVISION MULTIPLEX SYSTEM}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 일반적인 직교주파수분할다중/부호분할다중접속 시스템의 구성도를 나타낸
도면.

도 2는 일반적인 직교주파수분할다중/부호분할다중접속 시스템에서 파일럿 샘플을
이용하는 데이터 구조를 나타낸 도면.

도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 직교주파수분할다중/부호분할다중접속 시스템 송
신기의 구성도를 나타낸 도면.

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 직교주파수분할다중/부호분할다중접속 시스템에
서 파일럿 심볼의 삽입구조를 나타내는 도면.

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 직교주파수분할다중/부호분할다중접속 시스템 수
신기의 구성을 나타낸 도면.

도 6은 상기 도 5의 제1반송파 동기부의 상세 구성도를 나타낸 도면.

도 7은 상기 도5의 제2반송파 동기부의 상세 구성도를 나타낸 도면.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <8> 본 발명은 직교주파수분할다중/부호분할다중접속 시스템의 주파수 에러 보상장치에 관한 것으로, 특히 보호구간과 파일럿 심볼을 이용하여 주파수 에러를 보상하는 주파수 에러 보상장치에 관한 것이다.
- <9> 최근 멀티미디어 서비스의 형태가 다양해짐에 따라 고속의 데이터 전송이 필요한 실정이고, 동시에 무선망의 구축에 따른 소비자의 요구가 증가됨에 따라 무선비동기전송 모드(Wireless Asynchronous Transmission Mode: 이하 'WATM'이라 함)의 시장이 확대되고 있다. 이와 동시에 각국에서는 WATM 표준화를 위한 다양한 형태의 조직을 만들어 WATM 구현을 위한 표준화의 거시적 확대를 위해 다양하게 접근하고 있다. 동시에 이러한 고속 데이터의 전송 기술 구현을 위해서 직교주파수분할다중화(Orthogonal Frequency Division Multiple: 이하 'OFDM'이라 함) 방식을 이용하여 구현하는 방식에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 일반적으로 OFDM은 수신되는 데이터를 다수개의 부반송파에 실어 고속푸리에변환하여 송신하고, 상기 송신된 신호는 역 고속푸리에변환되어 다수개의 부반송파로 분리되어 처리하는 방식이다.
- <10> 도1은 일반적인 OFDM/CDMA 시스템의 구성도를 나타낸 도면으로, 이하 도1을 참조하여 상기 OFDM/CDMA 시스템의 송수신기 구조 및 동작을 설명한다.
- <11> 우선, 송신기의 구성을 설명하면, 확산기(101)는 송신하고자하는 데이터 심볼에 N배의 레이트(Rate)를 가지는 코드를 곱하여 확산한 다음 출력한다. 확산된 데이터 심볼

은 직/병렬 변환부(103)에서 N개의 샘플로 병렬 변환되어 파일럿 샘플 삽입부(105)로 입력한다. 파일럿 샘플 삽입부(105)는 병렬로 N개의 샘플을 입력받고, 상기 N개의 샘플 중 일정 간격으로 샘플을 평치렁한 다음 도2와 같이 파일럿 샘플을 삽입하여 역고속푸리에 변환기(Inverse Fast Fourier Transform: IFFT - 107)로 출력한다. 상기 IFFT(107)는 파일럿 샘플이 삽입된 데이터 심볼을 병렬로 입력받아 역 고속푸리에 변환하여 출력한다. 상기 IFFT(107)에서 출력되는 데이터 심볼은 보호구간 삽입부(109)로 입력한다. 이를 입력받은 보호구간 삽입부(109)는 상기 데이터 심볼의 뒷단의 일부분을 복사하여 데이터 심볼의 앞에 삽입하여 출력한다. 보호구간이 삽입된 데이터 심볼은 디지털/아날로그 변환기(111)를 통해 아날로그 형태로 변환되어 업 컨버팅되어 송신된다.

<12> 수신기는 상기 송신기에서 송신된 신호를 다운 컨버팅하여 아날로그 형태의 신호로 수신한다. 상기 다운 컨버팅시에 사용되는 오실레이터(Oscillator)의 부정확도로 인해 베이스밴드(Baseband) 신호에 주파수 오류가 포함된다. 상기 아날로그 형태의 신호는 아날로그/디지털 변환기(121)에서 디지털 신호 형태인 데이터 심볼로 변환되어 보호구간 제어부(123)로 입력한다. 보호구간 제어부(123)는 상기 아날로그/디지털 변환기(121)에서 출력되는 데이터 심볼을 입력받아 상기 데이터 심볼에 포함되어 있는 보호구간을 제거하여 FFT(125)로 출력한다. FFT(125)는 상기 보호구간 제어부(123)에서 출력되는 데이터 심볼을 고속 푸리에 변환하여 출력한다. 이때, 상기 다운 컨버팅시 포함되는 주파수 오류에 의해 상기 주파수 오류만큼 시프트된 신호를 얻게 되므로 원래의 데이터를 복구하기가 어려워진다. 특히, 각 주파수 대역에 원하는 신호가 실려있는 OFDM/CDMA 시스템에서는 주파수 오류를 정확하게 추정하여 보상해주야 원래의 신호를 복구할 있다. 반송파 동기부(127)는 상기 FFT(125)에서 출력되는 데이터 심볼을 입력받아 파일럿 샘플을

검출하고, 상기 검출된 파일럿 샘플을 이용하여 반송파 동기를 수행한 다음 역확산기 (129)로 출력한다. 역확산기(129)는 상기 동기된 데이터 심볼을 입력받아 역확산하여 출력한다. 상기 FFT(125)는 일반적으로 이하 <수학식 1>과 같은 FFT 특성을 이용하여 주파수 오류를 복구한다.

<13> 【수학식 1】

$$X[n]W_N^{kn} = X[k-k_0] \quad (W_N = e^{\frac{j2\pi}{N}})$$

<14> 도2는 일반적인 OFDM/CDMA 시스템에서 사용하는 데이터 구조를 나타낸 도면으로 파일럿 샘플이 각 데이터 심볼에 일정 간격으로 삽입되어 출력됨을 보이고 있다. 상기 도2와 같이 파일럿 패턴을 삽입함으로서, 상기 파일럿 패턴을 이용하여 <수학식 1>을 계산하고, 상기 <수학식 1>에 의해 계산된 데이터의 이동(Shift)량을 계산하여 주파수 오류를 보상한다.

<15> 이상적인 시스템에서는 상기 <수학식 1>처럼 수신된 파일럿 샘플들이 원래의 기준 샘플위치에서 k_0 샘플만큼 이동된 위치에서 수신되므로, 상관기를 사용하여 쉬프트된 값을 추정하여 주파수 오류 k_0 를 구해낼 수 있다. 그러나 OFDM/CDMA 시스템에서는 위와 같은 파일럿 샘플을 사용하려면, 데이터 전송률이 2배 이상 증가한다거나, 수신단이 복잡해진다거나 잡음 레벨이 올라가는 등의 성능저하가 일어나게 되므로 파일럿 샘플을 이용한 방법은 사용하기 힘든 문제점이 있다.

<16> 이상적이지 않은 시스템에서는 더욱 심각한 문제들이 발생하게 되는데, IFFT를 거친 신호에 영향을 미치는 요소들은 크게 타이밍 오류, 공통 위상 에러(Common Phase Error: CPE), 잡음등이 있다. 수신기에서 시간 영역의 타이밍 오류 n_e 는 FFT단을 거치게 되면 주파수 영역에서의 원래 신호와 지수함수 텀(Term)의 곱의 형태로 나타나게 되는

데, 이는 결국 파일럿 샘플의 값에도 영향을 주게 되므로 이 값이 커지게 되면 상관기의 성능을 크게 저하시키는 원인이 될 수 있다. 따라서 종래의 주파수 오류 방법으로는 직교주파수분할다중/부호분할다중접속 시스템에서는 정확한 주파수 오류값을 찾기가 힘들어지는 문제점이 발생한다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <17> 따라서 본 발명의 목적은 데이터 심볼 송신시 일정 간격으로 파일럿 심볼을 삽입하여 전송하는 송신기를 제공함에 있다.
- <18> 본 발명의 다른 목적은 프레임 단위의 데이터 내에서 일정 간격으로 파일럿 심볼을 삽입된 데이터를 수신하고, 상기 수신된 데이터의 보호구간과 데이터 심볼을 이용하여 이중으로 주파수 오류 보상을 하는 주파수 오류 보상장치를 제공함에 있다.
- <19> 상기한 목적을 달성하기 위해서 본 발명은 직교주파수분할다중 시스템의 송신기에 있어서, 데이터 심볼을 입력받아 직교주파수분할다중 변조하여 출력하는 변조부와, 직교주파수분할다중 변조된 데이터 심볼을 입력받아 보호구간을 삽입하는 보호구간 삽입부와, 상기 보호구간 삽입부에서 출력되는 프레임 단위의 데이터에 일정 간격으로 파일럿 심볼을 삽입하여 출력하는 파일럿 심볼 삽입부와, 상기 파일럿 심볼 삽입부에서 출력되는 데이터를 아날로그 형태의 신호로 변환하여 송신하는 디지털/아날로그 변화부로 이루어짐을 특징으로 한다.
- <20> 상기한 다른 목적을 달성하기 위해서 본 발명은 프레임 단위의 데이터에 일정 간격으로 파일럿 심볼이 삽입되고, 데이터 심볼에 보호구간이 삽입되어 있는 직교주파수분할

다중 신호를 수신하는 직교주파수분할다중 시스템의 수신기에 있어서, 상기 직교주파수 분할다중 신호가 디지털 형태의 데이터로 변환된 데이터 심볼열을 입력받고, 각 데이터 심볼의 상기 보호구간을 검출하여 대략적 주파수 에러를 보상하는 제1반송파 동기부와, 상기 제1반송파 동기부에서 출력되는 신호를 직교주파수분할다중 복조하여 출력하는 고속 푸리에 변환부와, 상기 복조된 데이터 심볼열을 입력받아 상기 파일럿 심볼을 검출하여 미세 주파수 에러를 보상 제2반송파 동기부로 이루어짐을 특징으로 한다.

【발명의 구성 및 작용】

<21> 이하 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 우선 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 그리고 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

<22> 본 발명에서는 타이밍 오류, 공통 위상 에러, 잡음 등의 실제 상태 하에서 주파수 오류를 추정하기 위해 보호구간과 파일럿 심볼을 이용한다. 상기 보호구간과 파일럿 심볼을 삽입하여 전송하는 송신기의 구성을 도3을 참조하여 설명한다.

<23> 직/병렬 변환부(201)는 확산된 데이터 심볼을 입력받아 N개의 샘플 데이터로 변환하여 병렬로 출력한다. IFFT(205)는 상기 N개의 샘플 데이터를 병렬로 입력받아 역 고속 푸리에 변환하여 병렬로 N개의 샘플 데이터를 병/직렬 변환부(207)로 출력한다. 병/직

렬 변환부(207)는 상기 N개의 샘플 데이터를 직렬로 변환하여 보호구간 삽입부(209)로 출력한다. 보호구간 삽입부(209)는 상기 병/직렬 변환부(207)에서 출력되는 데이터 심볼 중 뒷단의 일부분을 복사하여 상기 데이터 심볼의 앞에 삽입하여 출력한다. 본 발명에서는 보호구간 샘플 데이터 수가 샘플 데이터 $N \times 1/2$ 개를 사용할 경우를 예를 들어 설명한다.

<24> 파일럿 심볼 삽입부(211)는 파일럿 심볼 패턴을 가지고 있으며, 상기 보호구간 삽입부(209)로부터 보호구간이 삽입된 데이터 심볼을 입력받고, 일정 간격으로 상기 파일럿 심볼을 삽입하여 출력한다. 디지털/아날로그 변환기(211)는 상기 파일럿 삽입부(211)에서 출력되는 데이터 심볼 및 파일럿 심볼을 아날로그 형태의 신호로 변환하여 업 컨버팅하여 송신한다.

<25> 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 직교주파수분할다중/부호분할다중접속 시스템에서 파일럿 심볼의 삽입구조를 나타내는 도면으로서, 4개의 데이터 심볼 간격으로 파일럿 심볼이 삽입됨을 보여주고 있으며, 한 프레임 내에서 일정 간격으로 삽입되어 출력될 수도 있으며, 프레임의 구분없이 일정 간격으로 삽입될 수도 있다.

<26> 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 직교주파수분할다중/부호분할다중접속 시스템 수신기의 구성을 나타낸 도면이다.

<27> 실제 상황하에서 OFDM/CDMA 시스템 수신기에서 주파수 오류와 공통 위상 에러와 잡음과 타이밍 오류등이 존재하게 된다. 이와 같이 실제 상황하에서 수신되는 신호들이 모델링되어야 한다. 상기 도3에서 나타낸 바와 같이 OFDM/CDMA 시스템의 송신기에서 IFFT(205) 입력단의 신호를 $X_m(k)$ 라하고 IFFT(205)를 거친후 보호구간을 삽입하기 전의 신호를 X

$y_m[n]$ 라 하면, 수신기에서 아날로그/디지털 변환된 신호를 $y'_m[n]$ 과 보호구간을 제거하여 고속 푸리에 변환된 신호를 $Y'_m[k]$ 라 정의하여 설명한다.

<28> 한 심볼 단위의 주파수 오류량을 $k_e[\text{Hz/symbol}]$ 라 하면 한 샘플 단위의 주파수 오류량은 $k_e/N[\text{Hz/sample}]$ 이고, m 번째 심볼의 n 번째 샘플의 주파수 오류 $k_m[n]$ 은 이하 <수학식 2>로 표현된다.

<29> 【수학식 2】

$$k_m[n] = \frac{k_e}{N} m \{N+G\} + \frac{k_e}{N} n$$

<30> 상기 G 는 보호구간의 샘플 수이다.

<31> 수신기에서 위와 같은 주파수 오류와 공통 위상 에러, 잡음등을 포함하고 있는 신호 $y_m[n]$ 은 이하 <수학식 3>과 같이 표현된다. 편의상 샘플 수를 $-G$ 부터 $N-1$ 까지로 표시하였다.

<32> 【수학식 3】

$$\begin{aligned} y_m[n] &= X_m[n] \cdot e^{j2\pi k_m[n]} \cdot e^{jP_e} + W_m[n] \\ &= X_m[n] \cdot e^{\frac{j2\pi k_e \{m(N+G)+n\}}{N}} \cdot e^{jP_e} + W_m[n] \\ &= X_m[n] \cdot e^{j2\pi k_e \frac{n}{N}} \cdot e^{\frac{j2\pi k_e m(N+G)}{N}} \cdot e^{jP_e} + W_m[n] \end{aligned}$$

<33> 상기 P_e 는 공통 위상 에러이고, $W_m[n]$ 은 m 번째 심볼의 AWGN이다.

<34> 이하 도 5를 참조하여 수신기의 구성 및 동작을 설명하면, 아날로그/디지털 변환기(221)는 상기 송신기로부터 송신된 아날로그 형태의 신호를 다운 컨버팅하여 수신하고, 상기 신호를 디지털 형태의 데이터 심볼로 변환하여 출력한다. 이하 설명함에 있어서, 상기 아날로그/디지털 변환기(221)에서 출력되는 신호를 $y'_m[n]$ 이라 정의한다.

제1반송파 동기부(233)는 보호구간을 이용한 반송파 동기부로서, 상기 아날로그/디지털

변환부(221)에서 출력되는 데이터 심볼을 입력받고, 상기 데이터 심볼의 보호구간 G와 상기 보호구간을 삽입하기 위해 사용된 데이터 심볼 뒷단의 G개의 샘플 데이터(이하 '복사 샘플 데이터'라 함)를 검출하고, 상기 보호구간과 샘플 데이터를 이용하여 상기 아날로그/디지털 변환기(221)로부터 출력되는 데이터 심볼의 주파수 오류를 보상하여 주파수 동기를 수행한 다음 출력한다. 본 발명에서는, 일 예로서, 상기 보호구간 샘플 수 G를 데이터 심볼의 샘플 수 N의 1/2을 사용하였다. 보호구간의 신호, 즉 m 번째 심볼의 첫 G개의 샘플을 $G_m[n]$, 심볼의 마지막 G개의 샘플을 $R_m[n]$ 이라 정의하면 상기 $G_m[n]$ 과 $R_m[n]$ 은 이하 <수학식 4>로 표현할 수 있다.

<35> 【수학식 4】

$$G_m[n] = y_m[n-G] \cdot e^{\frac{j2\pi k_s[n-G]}{N}} \cdot e^{\frac{j2\pi k_s[n+G]}{N}} \cdot e^{jP_s + W_m[n-G]}$$

$$R_m[n] = y_m[n+N-G] \cdot e^{\frac{j2\pi k_s[n+N-G]}{N}} \cdot e^{\frac{j2\pi k_s[n+N+G]}{N}} \cdot e^{jP_s + W_m[n+N-G]}$$

<36> 상기 수학식 2내지 4를 이용하여 상기 제1반송파 동기부(233)의 보호구간을 이용한 반송파 동기 동작을 구체적으로 설명하면, 상기 제1반송파 동기부(233)는 $G_m[n]$ 과 $R_m[n]$ 각각의 위상을 검출하고, 상기 검출된 $G_m[n]$ 과 $R_m[n]$ 의 위상차를 계산한다. 상기 $G_m[n]$ 과 $R_m[n]$ 의 위상차는 <수학식 5>와 같이 표현된다.

<37> 【수학식 5】

$$\begin{aligned} \angle G_m[n] &= \angle X_m[n-G] + \frac{2\pi k_s[n-G]}{N} + \frac{2\pi k_s[n+N+G]}{N} + P_s + \angle W_m[n-G] \\ \angle R_m[n] &= \angle X_m[n+N-G] + \frac{2\pi k_s[n+N-G]}{N} + \frac{2\pi k_s[n+N+G]}{N} + P_s + \angle W_m[n+N-G] \\ \angle R_m[n] - \angle G_m[n] &= \angle X_m[n+N-G] - \angle X_m[n-G] \\ &\quad + \frac{2\pi k_s[n+N-G]}{N} - \frac{2\pi k_s[n-G]}{N} + \angle W_m[n+N-G] - \angle W_m[n-G] \\ &= 2\pi k_s + \angle W_m[n+N-G] - \angle W_m[n-G] \end{aligned}$$

<38> 상기 <수학식 5>에서 $X_m[n+N+G]$ 와 $X_m[n-G]$ 는 동일한 신호이므로 위상차가 0이다

<39> 상기 <수학식 5>에 $G_m[n]$ 과 $R_m[n]$ 의 위상차가 구해지면 제1반송파 동기부(223)는 이하 <수학식 6>상기 위상차의 평균값을 구한다. 상기 제1반송파 동기부(223)는 상기 계산된 평균값에 의해 아날로그/디지털 변환기(221)로부터 입력되는 데이터의 대략적으로 주파수 오류를 보상하여 반송파 동기를 수행한다.

<40> 【수학식 6】

$$k_e = \frac{\text{avg}\{\angle R_m[n] - \angle G_m[n]\}}{2\pi}$$

<41> 이때, 타이밍 오류가 존재하는 경우에는 상기 수학식 2, 3, 4, 5, 6이 맞지 않는 경우가 생긴다. FFT 시작점 검출 오류, 타이밍 주파수 오프셋, 타이밍 주파수 오프셋 등의 타이밍 오류를 n_e 라 하면, 타이밍 오류를 포함한 신호 $y'_m[n]$ 은 이하 <수학식 7>으로 나타낼 수 있다.

<42> 【수학식 7】

$$\begin{aligned} y'_m &= y_m[n - n_e] \\ &= X_m[n - n_e] \cdot e^{\frac{j\omega p k_e [n - n_e]}{N}} \cdot e^{\frac{j2\pi k_e m [n + G]}{N}} \cdot e^{jP_e} + W_m[n - n_e] \end{aligned}$$

<43> 이때 n_e 의 값에 따라 $y'_m[n]$ 에는 $m-1$ 번째 심볼이나 $m+1$ 번째 심볼의 샘플들이 포함되어게 된다. 이 신호에서 위와 같은 가정에서 각 샘플들의 위상차를 구하면 이하 <수학식 8>과 같이 나타내어진다.

<44> 【수학식 8】

$$\begin{aligned} &\angle R_m[n] - \angle G_m[n] \\ &= \angle X_m[n + N - G - n_e] - \angle X_m[n - G - n_e] \\ &\quad + \frac{2\pi k_e [n + N - G - n_e]}{N} - \frac{2\pi k_e [n - G - n_e]}{N} + \angle W_m[n + N - G - n_e] - \angle W_m[n - G - n_e] \\ &= 2\pi k_e + \angle W_m[n + N - G - n_e] - \angle W_m[n - G - n_e] \end{aligned}$$

<45> 상기 <수학식 8>에서 $G_m[n]$ 과 $R_m[n]$ 은 원래 값에서 n_e 만큼 이동된 값이므로 $X_m[n + N + G - n_e]$ 와 $X_m[n - G - n_e]$ 의 범위는 $n = n_e, n_e + 1, \dots, G - 1$, 음수일 때 $n = 0, 1, 2, \dots, G - n_e - 1$

이 된다. 그러므로 시스템의 타이밍 에러에 대략적인 범위를 알고 있다면, 그 범위를 제외한 구간에서 주파수 오류를 구하면 된다. 예를 들어 최대 타이밍 에러가 a 를 넘지 않는다면 $n=a, a+1, \dots, G-a-2, G-a-1$ 의 구간에서 위상차를 구하고, 평균값을 구하여 이하 <수학식 9>에 의해 주파수 오류를 추정할 수 있다.

<46> 【수학식 9】

$$k_e = \frac{\text{avg}[\angle R_m[n] - \angle G_m[n]]}{2\pi}$$

<47> 상기 수학식 2내지 9는 대략적 주파수 오류를 추정하여 반송파 동기를 수행하기 위해 제1반송파 동기부(223)에서 수행된다. 상기 제1반송파 동기부(223)는 이용되는 보호간의 길이가 길수록 시스템의 타이밍 에러의 범위가 작을수록 좋은 성능을 가지게 되는데, 그렇지 않을 경우에는 주파수 오류를 측정하는 구간이 짧아져 잡음의 영향을 많이 받게 되고, 주파수 오류를 정확하게 추정하기 힘들다. 대략적인 반송파 동기가 이루어지면 보호구간 제거기(225)는 상기 제1반송파 동기부(223)에서 출력되는 수신데이터로부터 보호구간을 제거하여 FFT(227)로 출력한다. 상기 FFT(227)는 상기 보호구간이 제거된 수신데이터를 입력받아 고속 푸리에 변환을 수행하여 출력한다.

<48> 제2반송파 동기부(229)는 상기 FFT(227)에서 고속 푸리에 변환된 수신데이터를 입력받아 미세 반송파 동기를 수행한다. 구체적으로, 상기 제2반송파 동기부(229)는 상기 수신데이터로부터 심볼단위의 파일럿 심볼을 검출하고, 상기 검출된 파일럿 심볼의 위상을 구한다. 상기 제2반송파 동기부(229)는 상기 구해진 파일럿 심볼의 위상과 자신이 알고 있는 파일럿 심볼의 위상의 위상차를 구하여 미세 주파수 오류를 추정한다. 미세 주파수 오류가 추정되면 상기 추정된 미세 주파수 오류를 보상하여 미세 반송파 동기를 수행한다.

<49> 이하 상기 제2반송파 동기부(229)의 동작을 수학적으로 설명하면, 상기 FFT(227)에서 출력되는 수신데이터는 FFT의 성질에 의해 주파수 오류는 신호의 이동 타이밍 오류로 위상의 변화량으로 변환된다. 이를 수학식으로 나타내면 이하 <수학식 10>과 같다.

<50> 【수학식 10】

$$\begin{aligned} y'_m[k] &= X_m[k-k_i] \cdot e^{\frac{j2\pi[k-k_i]n_s}{N}} \cdot e^{\frac{j2\pi k_m[N+G]}{N}} \cdot e^{jP_s} + W_m[k-k_i] \\ &= X_m[k-k_i] \cdot e^{\frac{j2\pi k n_s}{N}} \cdot e^{\frac{j2\pi k n_s}{N}} \cdot e^{\frac{j2\pi k_m[N+G]}{N}} \cdot W_m[k-k_i] \end{aligned}$$

<51> 상기 k_i 는 미세 주파수 오류이다. 상기 수신데이터로부터 파일럿 심볼만 검출하면 m 의 범위는 0, $I-1$, $2I-1$, $3I-1, \dots$ 이다. 여기서 I 는 심볼단위의 파일럿 심볼 삽입 주기를 나타낸다.

<52> 상기 수신된 파일럿 심볼의 위상차는 이하 <수학식 11>로 계산된다.

<53> 【수학식 11】

$$\angle y'_m[k] = \angle X_m[k-k_i] + \frac{2\pi n_s}{N} k - \frac{2\pi n_s k_i}{N} + \frac{2\pi k_m[N+G]}{N} + P_s + \angle W_m[k-k_i]$$

<54> 상기 <수학식 11>에서 두 번째 항은 인덱스(Index) K 에 따른 위상의 일정한 변화로 나타나고, 다음 3개의 항들은 상수 위상 오프셋으로, 마지막 항은 위상의 변동값으로 나타난다. 만약 송신단에서 동일한 파일럿 심볼을 계속 사용하고, 파일럿 심볼의 삽입 간격동안 타임?? 오류나 공통 위상 에러, 주파수 오류량이 동일하다면 연속한 두 파일럿 심볼 $Y_{mpi}'(k)$ 와 Y_{mpi+1} 의 위상차는 다음과 같이 구해진다.

<55> 【수학식 12】

$$\begin{aligned} diff_{phase} &= \angle y'_{m\pi+1}[k] - \angle y'_{m\pi}[k] \\ &= \angle X_{m\pi+1}[k-k_i] - \angle X_{m\pi}[k-k_i] + \frac{2\pi k_{m\pi+1}[N+G]}{N} - \frac{2\pi k_{m\pi}[N+G]}{N} \\ &\quad + \angle W_{m\pi+1}[k-k_i] - \angle W_{m\pi}[k-k_i] \end{aligned}$$

<56> 상술한 바와 같이 송신기에서 동일한 파일럿 심볼을 사용한다면 첫 항과 둘째 항은

같은 값을 가지므로 상기 <수학식 12>는 이하 <수학식 13>으로 나타낼 수 있다.

<57> 【수학식 13】

$$\begin{aligned} diff_{phase} &= [m_{k+1} - m_k] \frac{2\pi k_i [N+G]}{N} + \angle W_{m_{k+1}}[k-k_i] - \angle W_{m_k}[k-k_i] \\ &= I \frac{2\pi k_i [N+G]}{N} + \angle W_{M_{k+1}}[k-k_i] - \angle W_{m_k}[k-k_i] \end{aligned}$$

<58> 상기 <수학식 13>에서 첫 번째항은 한 파일럿 심볼의 Nro의 샘플에 대해 상수로 나타나고, 나머지 항들은 잡음에 의한 변동 값으로 나타난다. 그러므로 Nro의 샘플에 대해 위상차의 평균값을 구하면, 잡음에 의한 영향이 거의 없어진 첫째 항의 상수값을 얻을 수 있다. 이 값으로부터 이하 <수학식 14>에 의해 미세주파수 오류 k_i 를 구할 수 있다.

<59> 【수학식 14】

$$k_e = \frac{avgdiff_{phase} \times N}{2\pi[N+G] \times I}$$

<60> 상기 <수학식 14>에 의해 미세주파수 오류가 구해지면, 제2반송파 동기부(229)는 상기 미세주파수 오류에 의해 주파수 오류를 보상하여 방송파 동기를 수행한 다음 역확산기(231)로 출력한다. 상기 역확산기(231)는 상기 미세주파수 동기된 수신데이터를 입력받아 역확산하여 출력한다.

<61> 상기 제1반송파 동기부(223)과 제2반송파 동기부(229)의 구체적인 구성을 도 6과 도 7을 참조하여 설명한다. 도 6은 상기 도 5의 제1반송파 동기부의 상세 구성도를 나타낸 도면이고, 도 7은 상기 도 5의 제2반송파 동기부의 상세 구성도를 나타낸 도면이다.

<62> 도 6에서 보호구간 검출기(301)는 도 5의 아날로그/디지털 변환기(221)에서 출력되는 수신데이터를 입력받고, 상기 수신데이터에 포함되어 있는 보호구간 $G_m[n]$ 을 검출하고, 상기 보호구간 $G_m[n]$ 의 위상을 계산하여 출력한다. 복사 샘플 검출기(303)는 상기

아날로그/디지털 변환기(221)에서 출력되는 수신데이터를 입력받고, 상기 수신데이터의 복사 샘플을 검출하고, 상기 복사 샘플의 위상을 계산하여 출력한다. 상기 복사 샘플은 송신기에서 보호구간을 생성하기 위해 데이터 심볼에서 복사되는 샘플들을 의미한다. 상기 <수학식 2> 내지 <수학식 9>에서는 $R_m[n]$ 라 하였다. 위상차 검출기(305)는 상기 보호구간 검출기(301)에서 출력되는 보호구간 $G_m[n]$ 의 각 샘플과 상기 복사 샘플 검출기(303)에서 출력되는 $R_m[n]$ 의 해당 복사 샘플의 위상차를 구하여 평균기(307)로 출력한다. 평균기(307)는 상기 위상차 검출기(305)에서 출력되는 위상차를 $G(=R)$ 개 단위로 평균값을 구하여 대략적 주파수 오류를 계산하여 대략적 주파수 오류 보상신호를 제1주파수 에러 보상부(309)로 출력한다. 제1주파수 에러 보상부(309)는 상기 아날로그/디지털 변환기(221)에서 출력되는 수신데이터를 입력받고, 상기 평균기(307)에서 출력되는 대략적 주파수 에러 보상 신호에 의해 상기 수신데이터의 대략적 주파수 오류를 보상하여 출력한다.

<63> 도7에서 파일럿 심볼 검출기(311)는 FFT(227)에서 출력되는 고속 푸리에 변환된 수신데이터를 입력받고, 상기 수신데이터에 포함되어 있는 파일럿 심볼을 검출하여 출력한다. 상기 파일럿 심볼 검출기(311)에서 출력되는 파일럿 심볼은 지연기(312)와 위상차 검출기(313)로 입력한다. 지연기(312)는 상기 검출된 파일럿 심볼을 입력받아 버퍼링하여 파일럿 심볼 삽입 주기만큼 지연시킨 다음 위상차 검출기(313)로 출력한다. 위상차 검출기(313)는 상기 파일럿 검출기(311)에서 검출된 파일럿 심볼과 상기 검출된 파일럿 심볼보다 심볼 삽입 주기만큼 지연된 파일럿 심볼을 입력받고, 상기 두 파일럿 심볼의 대응 샘플들의 위상차를 구하여 평균기(314)로 출력한다. 평균기(314)는 상기 위상차를

파일럿 심볼 주기로 평균값을 구하여 미세 주파수 오류를 추정한다. 상기 평균기(314)는 미세 주파수 오류가 추정되면, 상기 미세 주파수 오류에 대한 미세 주파수 오류 보상 신호를 제2주파수 에러 보상부(315)로 출력한다. 제2주파수 에러 보상부(315)는 FFT(327)로부터 푸리에 변환된 수신데이터를 입력받고, 상기 평균기(314)에서 출력되는 미세 주파수 오류 보상신호를 입력받아 상기 수신데이터의 미세 주파수 오류를 보상하여 출력한다.

【발명의 효과】

<64> 상기한 바와 같이 본 발명은 타이밍 오류를 보상하지 않은 상태에서도 주파수 오류를 보상할 수 있으며, 잡음에 의한 변동의 영향을 제거하여 주파수 오류 추정의 정확도를 높일 수 있는 이점이 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

직교주파수분할다중 시스템의 송신기에 있어서,
데이터 심볼을 입력받아 직교주파수분할다중 변조하여 출력하는 변조부와,
직교주파수분할다중 변조된 데이터 심볼을 입력받아 보호구간을 삽입하는 보호구간
삽입부와,

상기 보호구간 삽입부에서 출력되는 프레임 단위의 데이터에 일정 간격으로 파일럿
심볼을 삽입하여 전송하는 파일럿 심볼 삽입부로 이루어짐을 특징으로 하는 직교주파수
분할다중 시스템에서 파일럿 심볼을 이용한 주파수 오류 보상장치.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 파일럿 심볼 삽입부가 프레임 단위의 데이터 심볼 중 일정
간격으로 평치렁한 다음 파일럿 심볼을 삽입함을 특징으로 하는 직교주파수분할다중 시
스템에서 파일럿 심볼을 이용한 주파수 오류 보상장치.

【청구항 3】

프레임 단위의 데이터에 일정 간격으로 파일럿 심볼이 삽입되고, 데이터 심볼에 보
호구간이 삽입되어 있는 직교주파수분할다중 신호를 수신하는 직교주파수분할다중 시스
템의 수신기에 있어서,

상기 직교주파수분할다중 신호가 디지털 형태의 데이터로 변환된 데이터 심볼열을

입력받고, 각 데이터 심볼의 상기 보호구간을 검출하여 대략적 주파수 에러를 보상하는 제1반송파 동기부와,

상기 제1반송파 동기부에서 출력되는 신호를 직교주파수분할다중 복조하여 출력하는 고속 푸리에 변환부와,

상기 복조된 데이터 심볼열을 입력받아 상기 파일럿 심볼을 검출하여 미세 주파수 에러를 보상 제2반송파 동기부로 이루어짐을 특징으로 하는 직교주파수분할다중 시스템에서 파일럿 심볼을 이용한 주파수 오류 보상장치.

【청구항 4】

제1항에 있어서, 상기 제1반송파 동기부가,

상기 데이터 심볼로부터 보호구간을 검출하는 보호구간 검출기와,

상기 데이터 심볼로부터 복사 샘플을 검출하는 복사 샘플구간 검출기와,

상기 검출된 보호구간의 샘플과 복사 샘플 구간의 해당 샘플의 위상을 구하고, 상기 두 샘플간의 위상차를 구하여 출력하는 위상차 검출기와,

상기 위상차 검출기에서 출력되는 위상차 값을 프레임 단위로 평균값을 구하여 주파수 에러를 구하고, 상기 주파수 에러에 따른 제1주파수 에러 보상신호를 출력하는 평균기와,

상기 제1주파수 에러 보상신호에 의해 상기 데이터 심볼의 주파수 에러를 보상하는 제1주파수 에러 보상부로 이루어짐을 특징으로 하는 직교주파수분할다중 시스템에서 파

일렛 심볼을 이용한 주파수 오류 보상장치.

【청구항 5】

제3항에 있어서, 상기 제2반송파 동기부가,

직교주파수분할다중 복조된 데이터 심볼열로부터 파일럿 심볼을 검출하는 파일럿 심볼 검출기와,

상기 검출된 파일럿 심볼을 입력받아 일정 시간 지연하여 출력하는 지연기와,

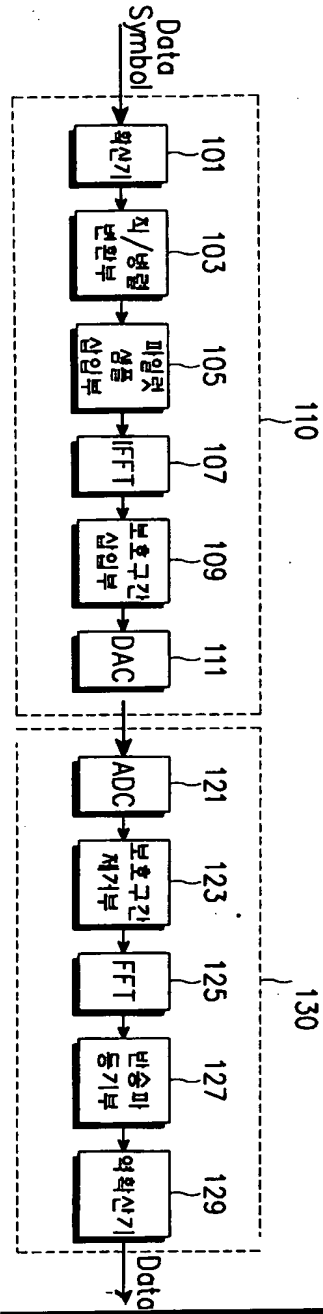
상기 파일럿 심볼 검출기에서 출력되는 파일럿 심볼과 상기 지연기에서 출력되는 파일럿 심볼을 입력받아 각각의 위상을 검출하고, 상기 두 파일럿 심볼의 위상차를 계산하는 위상차 검출기와,

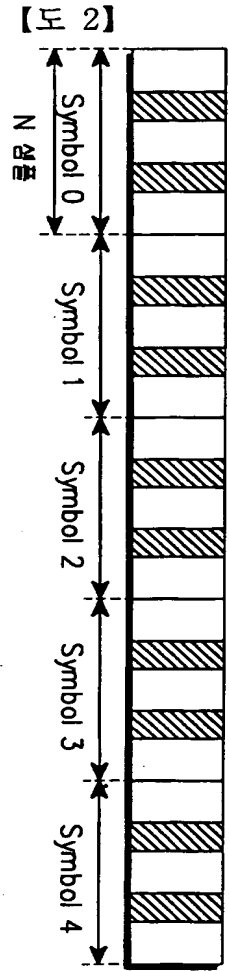
상기 위상차 값을 프레임 단위로 입력받아 평균하여 미세 주파수 에러를 계산하고, 상기 미세주파수 에러에 따른 제2주파수 에러 보상신호를 출력하는 평균기와,

상기 제2주파수 에러 보상신호를 입력받아 상기 복조된 데이터 심볼의 미세주파수 에러를 보상하여 출력하는 제2주파수 에러 보상부로 이루어짐을 특징으로 하는 직교주파수분할다중 시스템에서 파일럿 심볼을 이용한 주파수 오류 보상장치.

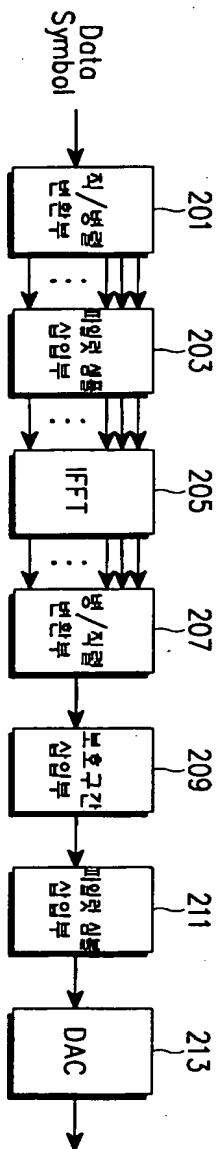
【도면】

【도 1】

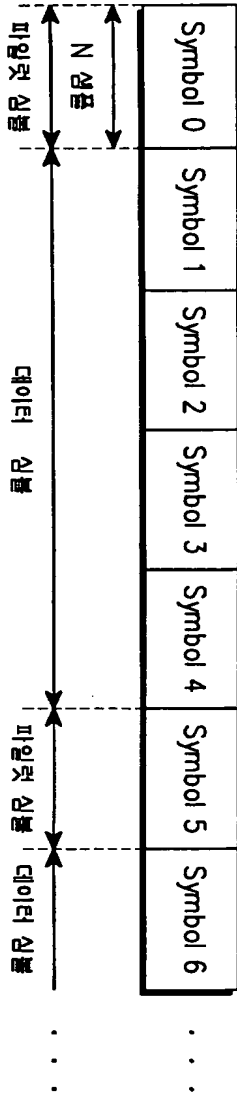




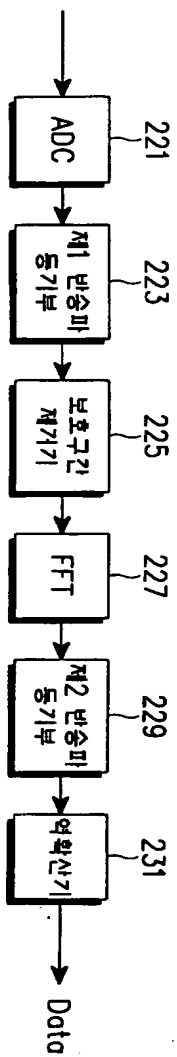
【도 3】



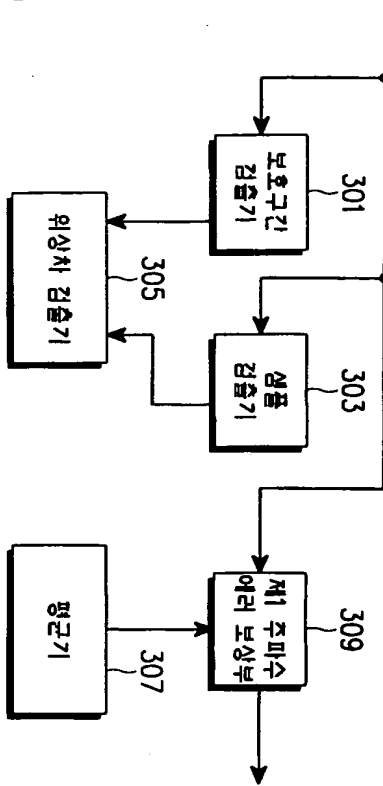
【도 4】



【도 5】

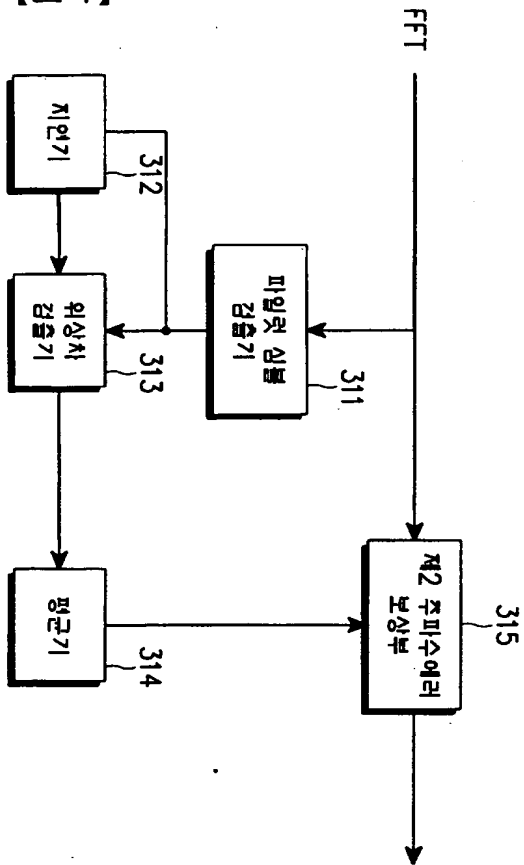


【도 6】



THIS PAGE BLANK (USPTO)

【도 7】



THIS PAGE BLANK (USPTO)